

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-102400

(43)Date of publication of application : 15.04.1997

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
C23C 16/50  
C23F 4/00  
H01L 21/203  
H01L 21/205  
H01L 21/3065

(21)Application number : 07-326824

(22)Date of filing : 15.12.1995

(71)Applicant : HITACHI LTD

(72)Inventor : YOKOGAWA KATANOBU

ONO TETSUO

TSUJIMOTO KAZUNORI

ITABASHI NAOSHI

MORI MASASHI

(30)Priority

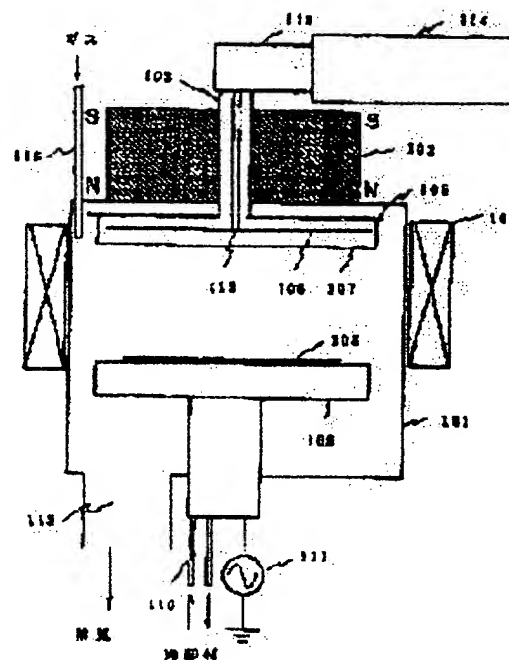
Priority number : 07194971 Priority date : 31.07.1995 Priority country : JP

## (54) PROCESSING DEVICE USING MICROWAVE PLASMA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a processing device for generating highly uniform microwave plasma having magnetic field wherein consumed electric power is small and high speed processing is possible.

SOLUTION: A main magnetic field is formed by a large-bore permanent magnet 102 provided outside of a vacuum case 101 and a microwave is supplied into a gas phase by radial strip lines 106 arranged in the proximity of and parallel to a flat plate 105 of earth potential. Plasma of high ion density and radical density can be thereby formed with electric power consumption lowered. Moreover electromagnetic waves can be radiated uniformly over a wide area and large-bore, highly uniform plasma is acquired.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-102400

(43) 公開日 平成9年(1997)4月15日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 1/46			H 0 5 H 1/46	C
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	D
				G
H 0 1 L 21/203			H 0 1 L 21/203	

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-326824

(22) 出願日 平成7年(1995)12月15日

(31) 優先権主張番号 特願平7-194971

(32) 優先日 平7(1995)7月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 横川 賢悦

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 小野 哲郎

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会

社日立製作所笠戸工場内

(72) 発明者 辻本 和典

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ波プラズマを使用するプロセス装置

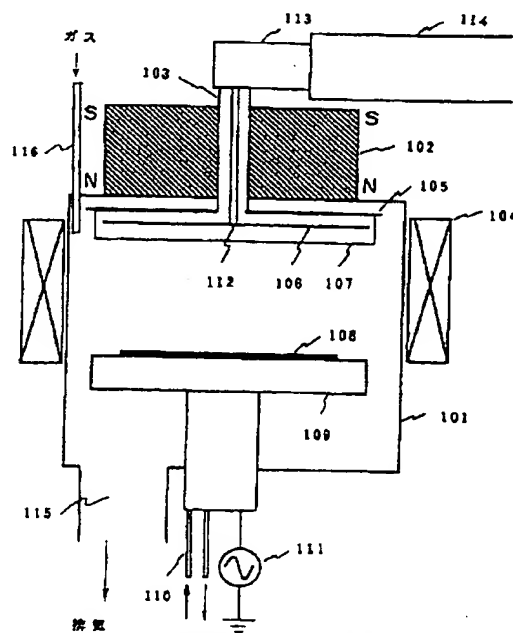
(57) 【要約】

【課題】消費電力が少なく高速度加工が可能で、高均一な有磁場マイクロ波プラズマを発生させるプロセス装置を提供する。

【解決手段】真空容器101外部に大口径永久磁石102を設け主磁場を形成し、アース電位の平板105に近接し並行に配置された放射状ストリップライン106によりマイクロ波を気相中に供給する構成とする。

【効果】イオン密度、ラジカル密度の高いプラズマが低消費電力で形成できる。また、広い面積にわたり均一な電磁波放射ができ、大口径高均一プラズマが実現できる。

図 1



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガス導入部及び排気部をもつ真空チャンバーと、該真空チャンバー内に被加工試料を設置する被加工試料設置手段と、該被加工試料の加工面と垂直方向に磁場を形成する磁場形成手段と、該加工面に対向する位置に設置されるアース電位の平板の近傍にストリップラインからなるマイクロ波導入手段と、該アース電位の平板及びストリップラインにマイクロ波電力を給電するマイクロ波導波手段とをもち、該真空チャンバー内の電磁波で気相中に導入されたガスをプラズマ化することを特徴とするプロセス装置。

【請求項2】 請求項1記載のプロセス装置において、該磁場形成手段が永久磁石と該永久磁石の磁場分布を制御する空心コイルによる構成、空心コイルのみによる構成、永久磁石のみによる構成のいずれか一種の構成であることを特徴とするプロセス装置。

【請求項3】 請求項2記載のプロセス装置において、該永久磁石が、直径が被加工試料径の70%から150%の範囲であり、厚みが該直径の10%から100%の範囲である円筒形であることを特徴とするプロセス装置。

【請求項4】 請求項2又は3記載のプロセス装置において、該永久磁石が、複数の小型磁石を近接して配列されて構成されたことを特徴とするプロセス装置。

【請求項5】 請求項3又は4記載のプロセス装置において、該永久磁石の少なくとも一部が該被加工試料の加工平面に対し垂直方向で移動可能に構成されたことを特徴とするプロセス装置。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインが給電点を中心に放射状に配置されたことを特徴とするプロセス装置。

【請求項7】 請求項1ないし5のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインが直線状で、かつ並行に複数本配置されたことを特徴とするプロセス装置。

【請求項8】 請求項1ないし5記載のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインで構成されるアンテナは該真空チャンバー内の外周に複数本配置され、該ストリップラインへの該電磁波の給電点を、該アンテナ上の該電磁波の電圧および電流分布の節となる位置以外の位置とし、さらに該給電点に該真空チャンバー中央部から放射状かつ該被加工試料の加工面と平行で該アース電位の平板に近接して配置された電磁波を導入する導体線路を有することを特徴とするプロセス装置。

【請求項9】 請求項8記載のプロセス装置において該アンテナそれぞれに、位相の異なる電磁波を供給することを特徴とするプロセス装置。

【請求項10】 請求項1ないし5記載のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインで構

成されるアンテナは、該アンテナへの該電磁波の給電点を交点として放射状に3本以上の奇数本配置され、該給電点を該アンテナ上の電磁波の電圧および電流分布の節となる位置以外の位置に配置することを特徴とするプロセス装置。

【請求項11】 請求項1ないし10のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインが石英ガラスで被覆されたことを特徴とするプロセス装置。

【請求項12】 請求項1ないし11のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインの長さが該ストリップラインが設置される媒質中での電磁波の1/4波長の整数倍の±20%の範囲であることを特徴とするプロセス装置。

【請求項13】 請求項1ないし11のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインへの給電点の近くで、該ストリップラインと該被加工試料設置手段との間に円盤状導体が設置されたことを特徴とするプロセス装置。

【請求項14】 請求項1ないし11のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該ストリップラインを石英窓を介し該真空チャンバーと接続することを特徴とするプロセス装置。

【請求項15】 請求項14記載のプロセス装置において、該石英窓のプラズマ側に、ストリップラインで構成されるアンテナの幅に対し100%から500%の幅の開口部を有すアース電位導体を該開口部が該ストリップラインに沿うように設置し、該アース電位の平板と該開口部を有すアース電位導体の中間にストリップラインを配置してマイクロ波供給部を構成することを特徴とするプロセス装置。

【請求項16】 請求項1記載のアース電位の平板又は請求項12記載の開口部を有すアース電位導体又は請求項13記載の円盤状導体をプラズマのアース電極とすることを特徴とするプロセス装置。

【請求項17】 請求項1ないし16記載のいずれか一つに記載のプロセス装置において、該加工試料設置手段が高周波電界印加手段と温度制御手段とを持つことを特徴とするプロセス装置。

【請求項18】 請求項1ないし17記載のいずれか一つに記載のプロセス装置において、プラズマ形成のため該ストリップラインに供給する電磁波の周波数が400MHzから2.5GHzの間であることを特徴とするプロセス装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はマイクロ波プラズマを使用するプロセス装置、さらに詳しくいえば、半導体装置や液晶表示装置等の製造で用いられるエッチングや膜堆積処理を行うときマイクロ波を使用して原料ガスをプラズマ化し加工処理を行うプロセス装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の半導体装置の製造行程で用いられるプラズマ利用の装置には、例えば、エッチングには日立評論、76, No. 7, (1994), 55~58頁で記されている有磁場マイクロ波エッチング装置が用いられている。有磁場マイクロ波エッチング装置は空心コイルで発生させた磁場と立体回路を介して真空容器内に導入されるマイクロ波領域の電磁波で気体をプラズマ化している。この従来装置は低ガス圧で高いプラズマ密度が得られることから高精度かつ高速で試料の加工を行うことができる。しかし、上記従来装置は被加工試料の加工面積が広くなりるに従い磁場を発生させる電磁コイルが大型になり、使用時に大電流を必要とし、装置コストや消費電力が大きくなり実用上問題となる。

【0003】上記従来装置の問題を解決するため、例えば、アプライドフィジックスレター (Appl. Phys. Lett.), 62, No. 13 (1993), 1469~1471頁に永久磁石による局所磁場を用いる有磁場マイクロ波エッチング装置が報告されている。この装置では磁場を永久磁石により形成するため装置コスト及び消費電力とも上記従来装置に比べ格段に低くすることができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記永久磁石による局所磁場を用いる有磁場マイクロ波エッチング装置では小型永久磁石による複数個使用しているため、磁場領域プラズマが主に生成されている領域でのプラズマの均一性が悪く、被加工試料をプラズマ生成領域から離れた位置に設置し、拡散によりプラズマを均一化して使用する。このため被加工試料位置では十分なプラズマ密度が得られず十分な加工速度が得られないという問題がある。

【0005】また、従来の有磁場マイクロ波プラズマ源は試料に対面する位置から電磁波を導入するため、試料対面位置は絶縁体しか敷設できない。これにより被加工試料に高周波バイアスを印加する場合等に必要なアース電極が理想的な位置（被加工試料と対面する位置）に設置できず、バイアスの不均一が生じるという問題もあった。

【0006】従って、本発明の主な目的は、消費電力が少なく、被加工試料の加工面積が広い場合にも高均一な有磁場マイクロ波プラズマを発生させ、かつ加工試料の加工処理が高速度で行えるプロセス装置を提供することである。

【0007】本発明の他の目的は、上記目的を達成すると同時に被加工試料に対面する位置にアース電極を設置することができ、高周波バイアスの均一化が容易にできるプロセス装置を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、ガス導入部及び排気部をもつ真空チャン

バー内に被加工試料を設置し、真空チャンバー内にマイクロ波と磁場を形成して真空チャンバー内のガスをプラズマ化することを利用して該被加工試料の加工処理を行うプロセス装置において、マイクロ波照射手段を上記被加工試料の加工面に対向する位置に設置されるアース電位の平板と上記平板の近傍に上記平板に平行に配置されたストリップラインとで構成し、磁場の形成を主として永久磁石で行う。

【0009】発明の好ましい態様として、上記永久磁石は単一又は複数の近接した磁石で構成され、被加工試料の加工面に対し垂直方向に磁化されている。また上記永久磁石の大きさは被加工試料径（被加工試料が非円形の場合は被加工面の外接円）とほぼ同一（被加工試料径の70から150%）の径を有する円柱形とする。上記マイクロ波照射手段へマイクロ波電力を給電するマイクロ波導波手段は同軸線を介して行う。上記ストリップラインは給電点から放射状に伸びた素子又はストリップラインを並行に複数本配置して構成される。さらに補助的に上記真空チャンバーの外周に空心コイルを配置してもよい。

【0010】主磁場を被加工試料の径より同等かあるいは大きい永久磁石により形成することで消費電力の低減がはかれ、さらに空心コイルを用いた場合と同様の磁場配置が実現できるため拡散によりプラズマを均一化する程度が少なくすみ、高密度なプラズマを試料位置で形成できる。またアース電位の平板に並行かつ放射状に配置されるストリップラインでマイクロ波を気相中に供給するため大面積でも均一な電磁波供給が可能となり、均一プラズマの形成ができる。さらにマイクロ波供給用のストリップラインを配置するアース電位の平板はプラズマのアース電極としても作用するため、試料に対面する位置にプラズマのアース電極が実現でき、試料への高周波バイアスの供給が均一化できる。

## 【0011】

## 【発明の実施の形態】

<実施例1>図1は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の一実施例を示す側断面図である。ガス導入部116及び排気部115をもつ円筒状の真空チャンバー（容器）101の外側上部に直径30cm、厚み10cmで中心部の表面磁束密度3500Gussの永久磁石102が設置される。永久磁石102は上下方向（円筒状の真空容器の軸方向）に移動可能であり、永久磁石102の位置を変えることで真空容器101内の磁場分布が制御できる構造となっている。永久磁石102の中央部には直径約4cmの孔があり、その孔を介し同軸ケーブル103により2.45GHzのマイクロ波電力が真空容器101内に導入される。真空容器101の外部側周辺には空心コイル104が設置されており、空心コイル104による磁場により、永久磁石102で形成される磁場分布を制御できる構造になっている。

る。真空容器 101 内に導入された同軸ケーブル 103 は、同軸ケーブル 103 の外導体が平板状アース電極 105 に接続され、同軸ケーブル 103 の芯線が平板状アース電極 105 に近くかつ並行に配置された放射状ストリップライン 106 の中央部（給電点）112 に接続されている。同軸ケーブル 103 の他端にはマイクロ波発振器（図示せず）から導波管 114 及び同軸変換器 113 を介してマイクロ波電力が供給される。ここで、ストリップラインとはアース電位の導体板上に誘電体膜、その上に導体線路が形成されたものであり、電力を輸送するものである。また、電磁波はこの導体線路に供給される。

【0012】図 2 は図 1 における放射状ストリップライン部の拡大図を示し、(a) 及び (b) はそれぞれ側断面図及び紙面下部から見た平面図を示す。図 2 に示すように本実施例では 4 つのストリップラインが中心点（給電点）112 から等角度で放射状に配置されている。放射状ストリップライン 106 は全体が石英ガラス 107 で被覆されている。

【0013】図 1 に戻り、真空容器 101 内には、試料台 109 が設けられ、試料台 109 には試料温度制御機構 110 及び高周波バイアス印加手段 111 が設置されている。また、被加工試料 108（直径 20 cm）は試料台 109 上に載置される。同軸ケーブル 103 で供給されたマイクロ波は放射状ストリップライン 106 と平板状アース電極 105 間を伝播しながら被加工試料 108 方向にマイクロ波を放射する。これにより真空容器 101 内の広い範囲にわたり均一な電磁波放射が可能となり高均一なプラズマ形成が実現できる。

【0014】次に図 1 の装置の動作を説明する。永久磁石 102 と空心コイル 104 により真空容器 101 内の被加工試料 108 の上部付近に電子サイクロトロン共鳴磁場（用いる電磁波が 2.45 GHz なので約 875 Gauss）が形成される。上記磁場は主に永久磁石 102 で形成され空心コイル 104 による磁場は急激に発散しようとする永久磁石 102 の磁束を集束させる補助的な役割を持つ。従って、空心コイル 104 を流れる電流は少なくともよい。同軸ケーブル 103 を介し放射状ストリップライン 106 の中央部 112 に供給されたマイクロ波は各放射状ストリップラインの素子に沿ってマイクロ波を空間に放射しながら伝播する。このとき放射状ストリップライン 106 の各素子の長さは、使用する電磁波の半波長の整数倍程度（±20%）の長さとする。ことで効率よく電磁波の伝播と放射が実現できる。放射状ストリップライン 106 により放射されたマイクロ波と前記磁場との相互作用により真空容器 101 内に導入された原料ガスをプラズマ化する。

【0015】マイクロ波の放射が放射状ストリップライン 106 により行われるため、ストリップライン 106 の長さにより大口径な真空容器に対しても均一なマイク

ロ波放射ができ、大口径高均一プラズマが実現できる。本実施例によりプラズマを形成する場合、主磁場は永久磁石で形成されるため、従来装置で問題となる電磁石による消費電力が低減できる。また、プラズマの生成も大口径永久磁石を用いているため、被加工試料位置に近い所で電子サイクロトロン共鳴を起こさせることができ、さらに電磁波導入部から電子サイクロトロン共鳴位置までの範囲でマイクロ波電力を吸収させるため十分なイオン及びラジカル密度を実現することができる。被加工試料 108 は高周波バイアス印加手段 111 により高周波バイアスを印加することでプラズマ中からイオン加速して被加工試料 108 に入射させることができる。ここでプラズマは被加工試料と対面する位置に設置される平板状アース電極 105 に接するため、従来装置で問題となる高周波バイアスの被加工試料面内での不均一が解消でき高均一なプラズマ処理が可能となる。

【0016】＜実施例 2＞図 3 は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の実施例 2 の構成を示す図である。(a) 及び (b) はそれぞれプロセス装置の側断面図及び紙面下部から見たマイクロ波放射部の平面図を示す。同図において図 1 の構成部分と実質的に同じ機能、構成部については図 1 と同じ番号を付し説明を省く（以下の実施例についても同様）。また、冷却機構 110 及び高周波電圧印加機構は省略している。本実施例は実施例 1 に対し放射状ストリップライン 106 の給電点 112 の近くで、被加工試料 108 側に円盤状導体 301 を設置し、電磁波の中央集中を防止し、プラズマの均一性を向上させたものである。一般に、形成されるプラズマは壁での消滅の為、真空容器 101 の径方向に対して周辺部が低密度で中央部が高密度となる傾向にある。このため中央部からのマイクロ波放射を円盤状導体 302 で抑制することによりプラズマの均一化を実現している。

【0017】＜実施例 3＞図 4 は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の実施例 3 を示す側断面図である。本実施例は実施例 1 に対し、放射状ストリップライン 106、平板 105 等の電磁波照射部を真空容器外に設置し、石英窓 401 を介し真空容器 101 と接続したものである。本実施例は実施例 1 に比べ、特に真空隔壁部を電磁波供給部（同軸ケーブル）103 が通過しないため、真空容器 101 の製作が容易となる。しかし、本実施例では試料 108 に対面する位置にアース電極を設置できない不利な点を持つ。

【0018】＜実施例 4＞図 5 は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の実施例 4 を示す図である。本実施例は上記実施例 3 の不利な欠点を克服するものである。実施例 4 は上記実施例 3 の図 4 の石英窓 401 より真空容器 101 側に放射状ストリップライン 106 にそって放射状ストリップライン 106 の幅の 200% の幅で開口したアース電位導体 502 を設置した構

造である。マイクロ波は真空容器101側に設置したアース電位導体502の開口部503より放射される。本実施例では真空容器101側に設置されるアース電位導体502の開口部503の幅を放射状ストリップライン106の幅の300%としたが、100から500%の範囲の開口部幅でも同様の効果があることは言うまでもない。

【0019】＜実施例5＞図6は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の実施例5を示す図である。図6(a)はマイクロ波プラズマ発生装置の側面断面図であり、図6(b)はアンテナ部の平面図(アンテナ部を下部から見た図)である。本実施例は前記実施例2よりもさらに広い円盤状導体301を被加工試料に対面する位置に設置し、さらに電磁波の放射効率および均一性向上をはかるものである。本実施例では真空容器101の周方向にストリップラインで構成された複数本の円弧状アンテナ601が設置してある。ここでアンテナとは電磁波を空間に放出するものであるが、本実施例及び以下の実施例6、7では、アンテナは電磁波を輸送するストリップラインと同等の働きをする。各アンテナの長さは用いる電磁波の媒質中での波長の $1/4$ の整数倍程度( $\pm 20\%$ 以内)となっている。本実施例では650メガヘルツの電磁波を用いており、さらに平板状アース電極105とストリップラインで構成された円弧状アンテナ601の間の絶縁体(媒質)として石英ガラス107を用いているので円弧状アンテナの長さは約23cm(1波長)となっている。各円弧状アンテナへの電磁波の供給は真空容器中央部から放射状に配置されたストリップライン線路602により行われ、各円弧状アンテナ上における電磁波の電流、電圧分布の節となる位置からはずれた点に給電されている。この給電位置603により円弧状アンテナと該アンテナに供給する線路間での電磁波の電送効率が高くでき効率の良い電磁波供給が可能となる。また周方向にアンテナを配置することで被加工試料の上部に位置する領域を全てアース電極とすることが可能となり被加工試料に印加する高周波バイアスの均一性をさらに向上できる。また該円弧状のアンテナ構成によりリング状に電磁波を放射できるため、該リング径を適切な径に調整することで所望な電磁波強度分布を実現することができ、実施例2と同様な効果で、均一なプラズマ形成が可能となる。

【0020】＜実施例6＞図7は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の実施例6を示す図である。図7(a)はマイクロ波プラズマ発生装置の側面断面図であり、図7(b)はアンテナ部の平面図(アンテナ部を下部から見た図)である。本実施例は実施例1の応用例であり、放射状に配置した各アンテナからの電磁波放射効率を高めることを目的としている。実施例6では3本以上の奇数本(本実施例の場合は3本)の直線状アンテナ701をストリップラインにより構成し、各

アンテナ上における電磁波の電流、電圧分布の節となる位置からはずれた点を交点とし、該交点を電磁波の給電位置603としている。この給電位置により各アンテナとアンテナに供給する線路間での電磁波の電送効率が高くでき、効率の良い電磁波供給が可能となる。本実施例では実施例5の図6と同様に650メガヘルツの電磁波を用いている。また平板状アース電極105とアンテナ701の間の絶縁体(媒質)として石英ガラス107を用いているのでアンテナの長さも実施例5の図6と同様に約23cm(1波長)となっている。

【0021】＜実施例7＞図8は本発明によるマイクロ波プラズマを用いたプロセス装置の実施例7を示す図である。図8(a)はマイクロ波プラズマ発生装置の側面断面図であり、図8(b)はアンテナ部の平面図(アンテナ部を下部から見た図)である。実施例1から実施例6では複数個設置する各アンテナへ単一の電磁波を供給していた。本実施例では各アンテナに電磁波を高周波電源から分配器801と位相制御装置802を介して独立に供給する構成となっている。図8の構成により各アンテナに供給する電磁波の位相を変えることで各アンテナからの合成電界が回転電界となるように制御し、磁場と電磁波の相互作用を高めプラズマの生成効率を高めることができる。本実施例では実施例5をベースとしたが実施例1から実施例4、実施例6においても各アンテナに位相の異なる電磁波を供給することで同様の効果が発揮できることはいうまでもない。

【0022】上記実施例1から実施例4は、2.45GHzの電磁波を用いたが、本発明で用いる同軸ケーブル及びストリップラインは周波数に対して広い帯域幅を有しているので構造の大きな変更を必要とせず、広い周波数範囲に対応できる。前記実施例で示した2.45GHz付近ではストリップラインからの放射電磁波成分が多いため高い効率でプラズマを形成できる。ただし、2.5GHzより高い周波数では同軸線路及びストリップライン線路での伝送効率が低下し、プラズマ形成効率が低下するため、2.5GHzが有効な周波数の上限である。また、低い周波数(400MHz以上)では電子サイクロトロン共鳴に必要な磁場が小さくてすみ、低コストの永久磁石の採用や空心コイルの小型化あるいは低消費電力化が可能である。400MHzから1GHz付近では12インチ径以上の被加工試料に対応した真空チャンバーの径と電磁波の波長が同程度となり、電磁波の基本モードの伝達のみとなるため、高次モードの定在波による電磁界の不均一性や不安定性が生じにくく、かつ効率よく真空チャンバー内を電送できるので均一性のよいプラズマ形成が可能である。また400MHzから1GHz付近の電磁波は石英ガラス等を媒質とするストリップラインの構成において波長が被加工試料径と同程度となるため、放射状あるいは周方向に配置する円弧状アンテナを試料径(12インチから16インチ)と同程度に

することが容易であり、装置を最適な大きさに設計することができる。よって400MHzから2.5GHzの周波数範囲の電磁波が本発明に有効である。ここで、上記実施例1から実施例4では永久磁石と空心コイルの組合わせにより磁場形成に必要な消費電力の低減を図ったが、低周波の電磁波を用いた場合には実施例5から実施例7に示すように空心コイルのみを用いても磁場形成に必要な消費電力は小さくてすむため（例えば実施例5から実施例7でもちいた650メガヘルツの電磁波では2.45GHzの場合に比べて必要な磁場強度は約4分の1であり、消費電力は約16分の1となる）、空心コイルのみで磁場を形成する装置構成でも本発明の効果が発揮できることは言うまでもない。また、同様に永久磁石のみで磁場を形成する装置構成でも本発明の効果が発揮できることは言うまでもない。

【0023】以上本発明の実施例について説明したが本発明は上記実施例に限定されるものではない。例えば、実施例では永久磁石中央部での表面磁束密度が3500 Gaussのものをを用いたが、1500から10000 Gaussの範囲で用いる永久磁石を選び、前記の永久磁石の径と合わせて必要な磁場分布を調節できることは言うまでもない。

【0024】実施例1から実施例4では、永久磁石102は直径30cm、厚み10cmのものをを用いたが、被加工試料径と同等又はそれより大きい（被加工試料径の70%から150%の径）と被加工試料径の10%から100%の厚みを用いることで効果的な磁場分布を形成できる。特に永久磁石102の口径が試料径より大きく、さらに厚みも上記口径に近いほど理想的な磁場分布が形成できる。また単一の永久磁石でなく小型磁石を複数個密にならべ等価的に上下方向で磁化した大口径永久磁石を形成しても同様であることは言うまでもない。小型磁石を複数個近接して配置し等価的に上下方向で磁化した大口径永久磁石を形成する場合は個々の小型磁石を上下方向に移動可能な構造とすることで、磁場の面内分布を調節可能となる。

【0025】実施例1から実施例4では放射状ストリップライン106が4素子の場合を示したが、3から20までの素子数で対象かつ放射状にストリップラインを形成しても同様の効果があることは言うまでもない。また同様に実施例6では放射状ストリップラインが3素子の場合を示したが奇数本であれば同様な構成が可能であることは言うまでもない。

【0026】実施例1から実施例4では空心コイル104により磁場分布を制御しているが、空心コイル104なしで永久磁石102のみでも同様なプラズマ形成ができることは言うまでもない。空心コイル104を全く用\*

\* いず、永久磁石102のみでプラズマを生成すれば消費電力の大幅低減が実現できる。

【0027】実施例1から実施例4ではストリップラインを放射状に配置したが、直線状ストリップラインを並行に複数本配置し、各ストリップラインに給電しても同様の効果があることは言うまでもない。

【0028】

【発明の効果】本発明により、従来の電子サイクロトロン共鳴型プラズマ発生装置で問題となる電磁石での消費電力が大幅に低減され、かつ大口径永久磁石による磁場を用いているため従来の局所磁場でプラズマを形成する装置とも異なり、マイクロ波を吸収させる領域が大きく高密度のイオンやラジカルを試料に供給することができる。またアース電位の平板に近接させた放射状ストリップラインによりマイクロ波を気相中に放射させるため、大面積でも均一にマイクロ波を照射でき、均一なプラズマが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1のマイクロ波プラズマ発生装置を示す側断面図。

【図2】実施例1における放射状ストリップライン部の拡大図。

【図3】本発明の実施例2のマイクロ波プラズマ発生装置の側断面図。

【図4】本発明の実施例3のマイクロ波プラズマ発生装置の側断面図。

【図5】本発明の実施例4のマイクロ波プラズマ発生装置の側断面図。

【図6】本発明の実施例5のマイクロ波プラズマ発生装置の側断面図。

【図7】本発明の実施例6のマイクロ波プラズマ発生装置の側断面図。

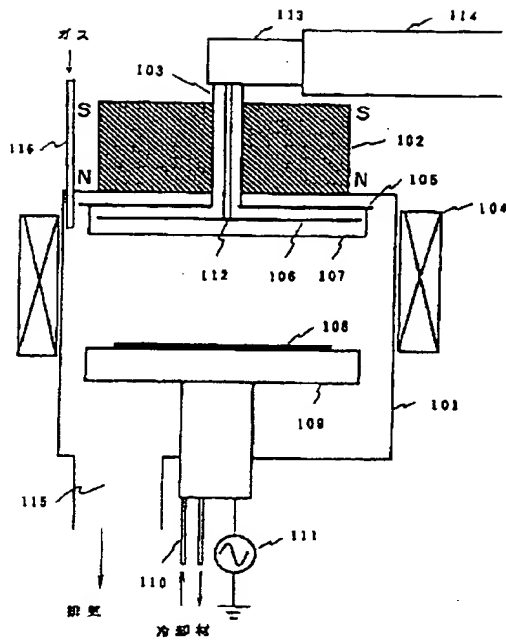
【図8】本発明の実施例7のマイクロ波プラズマ発生装置の側断面図。

【符号の説明】

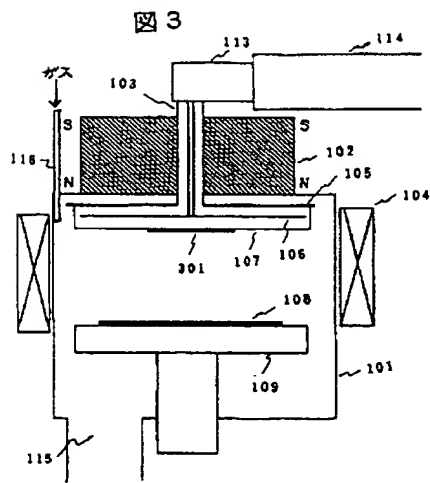
101…真空容器、102…永久磁石、103…同軸ケーブル、104…空心コイル、105…平板状アース電極、106…ストリップライン、107…石英ガラス、108…被加工試料、109…試料台、110…冷却機構、111…高周波電圧印加機構、112…給電点、113…同軸変換器、114…導波管、115…真空排気部、116…ガス導入部、301…円盤状導体、401…石英窓、501…石英窓、502…アース電位導体、503…開口部、601…円弧状アンテナ、602…ストリップライン線路、603…給電位置、604…650メガヘルツ電磁波電源、701…直線状アンテナ、801…分配器、802…位相制御装置。

【図 1】

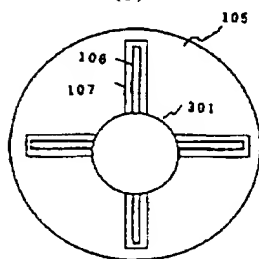
図 1



【図 3】



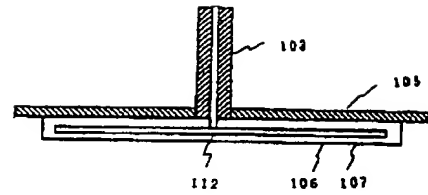
(a)



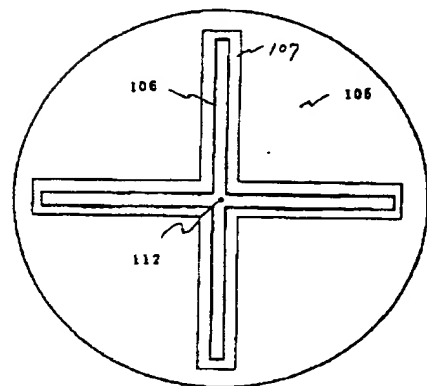
(b)

【図 2】

図 2



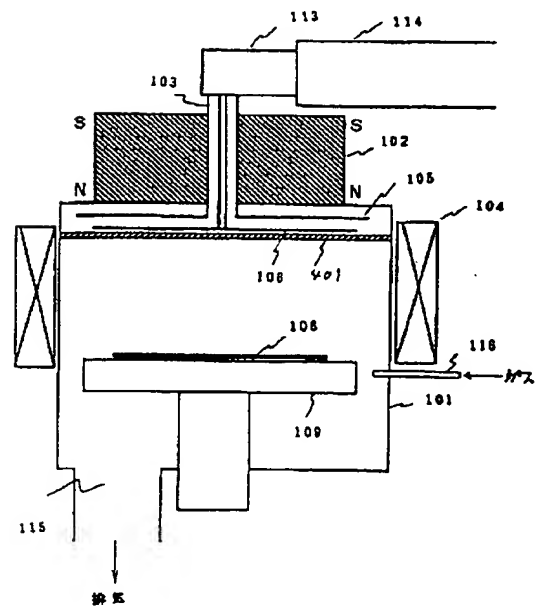
(a)



(b)

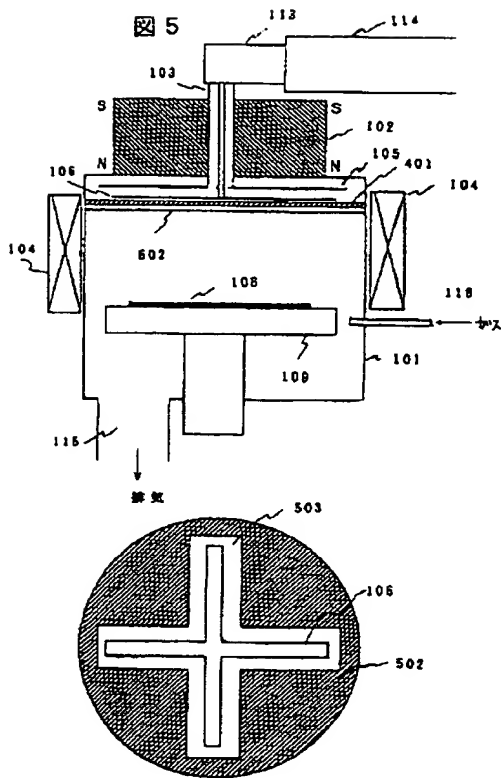
【図 4】

図 4

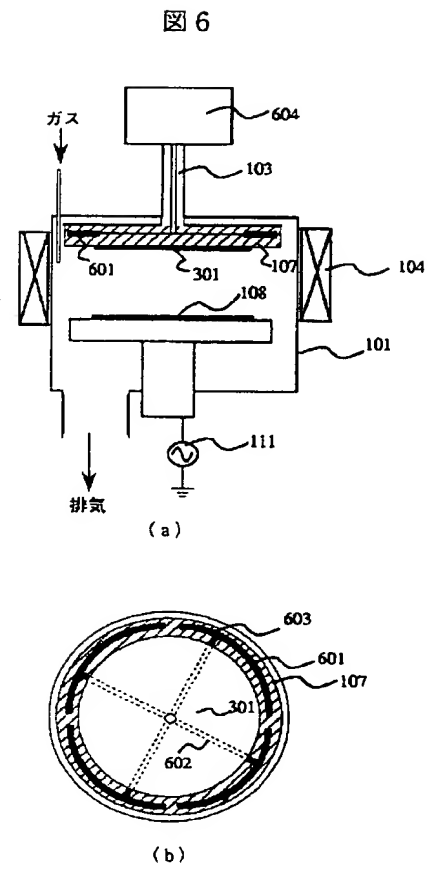




【図 5】

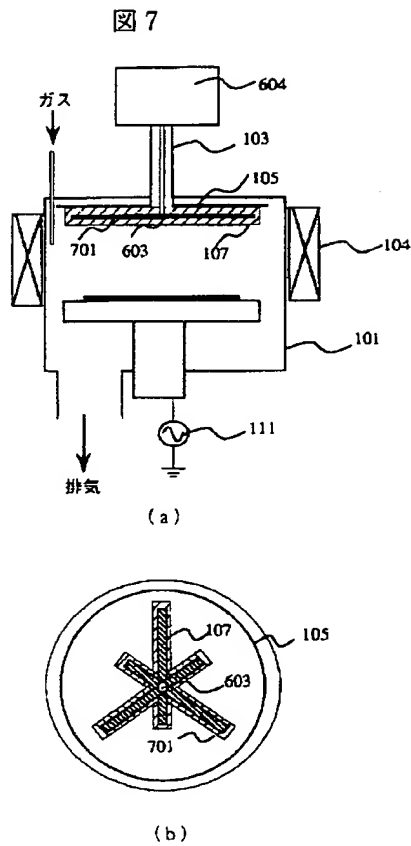


【図 6】

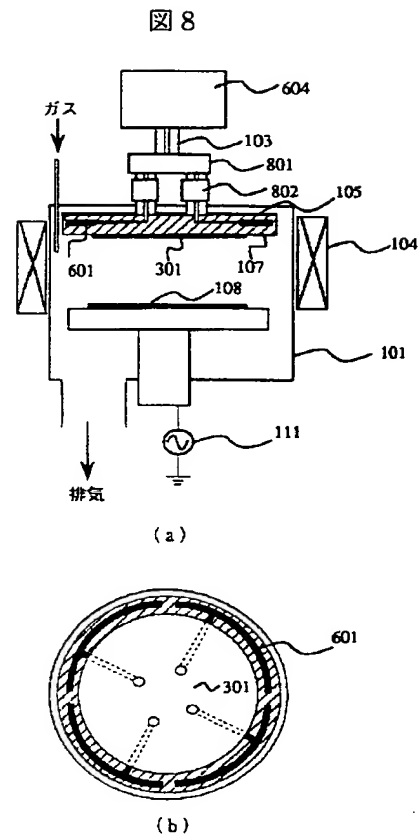


BEST AVAILABLE COPY

【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/205

21/3065

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/205

21/302

技術表示箇所

C

(72) 発明者 板橋 直志

東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 森 政士

東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

BEST AVAILABLE COPY